第 38 卷 第 4 期　　昆 虫 学 报　　Vol. 38, No. 4
1995 年 11 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　Nov., 1995

粘虫幼虫密度对幼虫食物利用率的影响*

罗礼智　徐海忠**　李光博
(中国农业学院植物保护研究所　北京　100094)

摘要　本文对粘虫 *Mythimna separata* (Walker) 不同幼虫密度下 (1 头/瓶、15 头/瓶、30 头/瓶)5 龄至预蛹和 6 龄至预蛹的幼虫食物取食量、粪便排泄量、近似消化率、体重增长和粗生长效率等进行了研究。结果表明：幼虫的食物取食量、粪便排泄量随幼虫密度的增加而加大，表明群居或幼虫密度的增加可使幼虫的取食量增加从而使为害加重。但是，幼虫的体重增长则随幼虫密度的增加而下降，这是因为近似消化率和粗生长效率也随幼虫密度的增加而下降的缘故。由此认为，食物利用率下降是高密度条件下粘虫个体较小的主要原因之一。但是，这些效应均随幼虫密度影响的消失而消失。

关键词　粘虫，幼虫密度，取食量，粪便排泄量，体重增长

幼虫种群密度是影响粘虫 *Mythimna separata* (Walker) 等具有变型现象的夜蛾种类生物学和生活史的一个重要因素。已经明确，粘虫幼虫密度可以影响：(1)幼虫的体色变化即变型-低密度条件下产生的散居型和高密度条件下产生的群居型；(2)幼虫、蛹的发育历期；(3)虫体的大小及营养物质和含水量等[1-4]。国内最近的研究不仅证实了前人的研究结果而且还表明粘虫幼虫密度对成虫的产卵前期、产卵历期、产卵量和成虫寿命以及成虫的飞行能力等都有显著的影响[5,6]。而粘虫雄蛾精珠的大小也因幼虫密度的不同而异[7]。因此粘虫幼虫密度对粘虫本身的影响是非常深刻的。

虽然人们很早就注意到群体饲养的粘虫或其它夜蛾种类的个体比单头饲养的个体小这一事实[2]。但是，这种现象产生的原因还很少有人问津，尽管 Simmonds 等(1986)曾猜测这种现象是由于食物的不足而引起的[8]。既然幼虫的食物利用率会因环境因素如温度、光周期、湿度等的影响而异[9]，幼虫密度是否会影响到幼虫的食物利用率从而影响到幼虫的大小呢？在明确了粘虫幼虫密度对幼虫变型、发育、死亡、虫体大小[3]、成虫产卵、飞行及寿命等影响关系[6]的基础上，我们对不同幼虫密度条件下的 5、6 龄粘虫幼虫食物取食量、粪便排泄量、近似消化率、粗生长效率和体重增长等进行了研究，现把结果整理于下，谨供参考。

1　材料和方法

虫源及饲养条件：所用粘虫是于 1992 年 3 月于江苏省赣榆县县城(北纬 34°50′，东

* 国家自然科学基金重点资助研究项目。
** 现在的工作单位是西北农业大学。
本文于 1993 年 12 月收到。

经 119°68′)采集的越冬代成虫。用于该实验的幼虫是由其在室内繁殖的第 3 代。幼虫用玉米苗、成虫用 5% 的蜂蜜水进行饲养。饲养温度为(23±0.5)℃，光照为 L12:D12，湿度为 70%—80%。

密度的设置及供试幼虫的准备：幼虫在 1—2 龄期间群体饲养，至 3 龄时按 1、15、30 头/850ml 玻璃瓶进行饲养。所用饲料为 30—40cm 高的玉米苗。待幼虫至 5 龄和 6 龄时，分别挑选刚蜕皮的、健壮的、体重大小相近的幼虫进行单头饲养，供测试用。所用的器皿为 2 × 20cm 的玻璃管。

有关指标的测定：由于粘虫幼虫食物取食量和体重增长主要集中于 5、6 龄期，因而与食物利用率有关的各项指标分别在 5 龄到预蛹和 6 龄到预蛹这二个阶段进行。测定方法为重量法。食物、粪便及虫体的重量均用日本 A&D 公司的 ER 182 电子分析天平进行称量。近似消化率（AD）和粗生长效率（ECI）根据陈志辉（1985）[10]的方法计算而得。具体的测定方法为：

试验开始前，对试验所用的食物称重，然后把称量以后饥饿 2h 的幼虫放进玻璃管内。试验结束时，称量记载供试幼虫、剩余食物及粪便的重量。每日测试一次，直到幼虫老熟。

为了减少因食物含水量的改变而发生的重量变化，在实验开始前，将每片玉米叶沿主脉撕成两半，一半用于喂食，一半用作对照，主脉去掉。在称量喂给食物和剩余食物的同时，也对对照食物进行称量，并根据陈志辉(1985)[10]的方法计算出较正取食量。

2 结果分析

2.1 幼虫取食量

对不同密度条件下 5 龄至预蛹的幼虫取食量测定结果（图 1)表明：幼虫的取食量随龄期的发育而增大，但在蜕皮和预蛹前有所下降。幼虫取食量受幼虫密度的影响很大。在

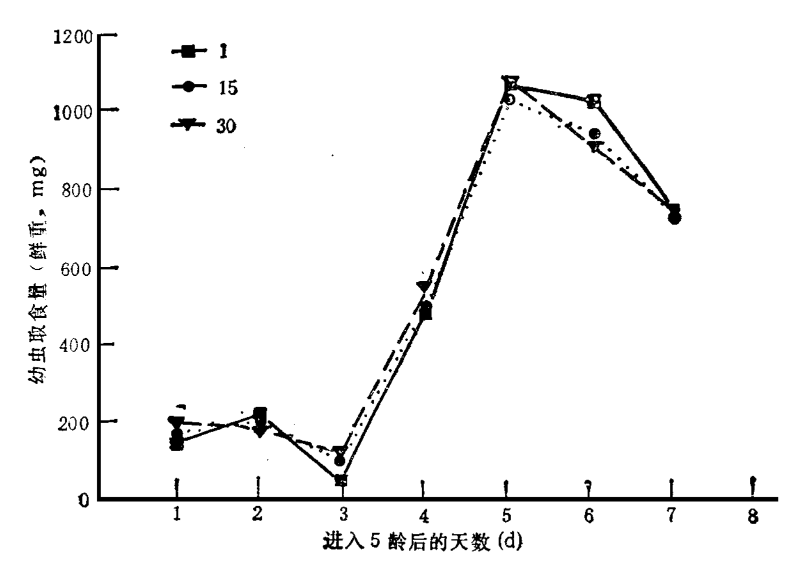


图 1　粘虫幼虫密度对其 5 龄幼虫至预蛹日食物取食量的影响

测试初期，幼虫取食量随幼虫密度的增大而增加。这种趋势一直持续到第 4 天。但是，随着测试虫体与种群密度分离时间的延长以及幼虫的发育，不同密度间的幼虫取食量已无规律可言。这是幼虫密度的影响随个体与群体分离时间的延长而消失的缘故。结果，在整个测试期间，1、15、30 头/瓶的幼虫平均食量依次为 3.74g、3.67g 和 3.76g，差异不显著。

为了进一步肯定幼虫密度的影响，对 6 龄幼虫的取食量又进行了测定.结果表明：幼虫取食量也随幼虫密度的增大而增加(表 1)。从前三日的测试结果来看，30 头/瓶的幼虫取食量依次比 15 头/瓶和 1 头/瓶的增加 22%和 17%。而从第一日的结果来看，不同密度间的幼虫取食量差异更大。这与 5 龄幼虫的测试结果相一致。Iwao(1962)[1] 的结果也表明，群体饲养的幼虫取食量比单头饲养的要大，到 6 龄时差异更大。因此，可以认为，粘虫的幼虫密度高时，其危害性更大。

表 1 粘虫幼虫密度对 6 龄幼虫食物取食量(鲜重，mg)的影响

幼虫密度(头/瓶)	第一日	第二日	第三日	第四日	前三日总和
1	540.7±97.1	733.9±217.5	709.4±363.1	563.8±315.7	1918.1±462.8
	429.5—692.1	181.2—1004.8	96.7—1127.2	29.8—935.6	1391.2—2586.1
	(10)a	(10)a	(9)a	(6)a	(9)a
15	645.7±112.1	581.5±214.0	767.2±160.8	513.0±80.6	1990.3±356.7
	414.2—799.2	359.6—1048.4	417.8—1078.3	409.6—637.9	1498.9—2392.1
	(10)a	(10)a	(10)a	(6)a	(10)a
30	801.0±167.5	820.7±260.6	710.7±119.7	574.0±157.1	2333.9±404.9
	540.7—1207.5	520.7—1240.0	377.0—794.5	418.5—906.1	1606.3—2903.8
	(10)b	(10)a	(10)a	(6)a	(10)b

注：在同一列的数据内具有不同字母的为 Duncan 多重比较差异显著($P<0.05$)，括号内的数字为统计样本数；其后各表相同(从略)。

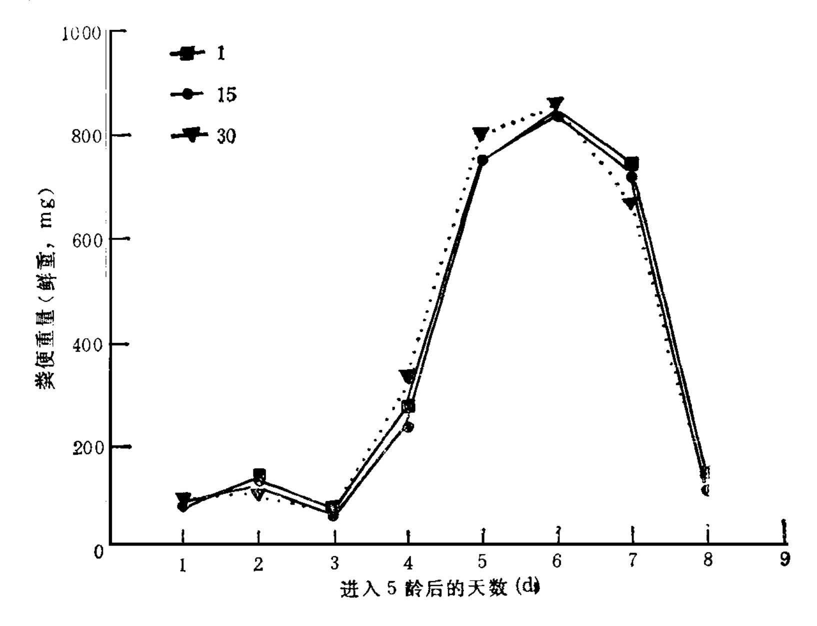


图 2 粘虫幼虫密度对其5龄幼虫至预蛹日粪便排泄量的影响

2.2 粪便排泄量

不同密度下 5、6 龄幼虫的粪便排泄量与幼虫取食量相对应，即也随幼虫的发育而逐渐增加(图 2)，在蜕皮和预蛹前下降。幼虫粪便排泄量受幼虫密度的影响也很大，并随幼虫密度的增大而增加。但这种差异仅在开始测试的第 1、4 和 5 天比较明显，在其它测试时间差异不显著。从整个测试期间的结果来看，由低密度到高密度的粪便排泄量依次为 3.00g、2.91g 和 3.02g，也没有显著差异。这主要是密度的影响随着个体分离种群时间的延长而影响消失的原因。

表 2　粘虫幼虫密度对 6 龄幼虫粪便排泄量(湿重 mg)的影响

幼虫密度 (头/瓶)	第一日	第二日	第三日	第四日	总　和
1	207.0±118.0 20.1—377.6 (10)a	611.7±228.7 56.6—743.8 (10)a	604.8±215.1 59.6—805.8 (10)a	342.3±324.1 31.2—823.9 (10)a	1765.7±660.5 170.9—2662.0 (10)a
15	377.3±76.6 171.4—511.8 (10)b	613.5±134.9 414.2—830.7 (10)a	634.5±91.6 476.1—809.2 (10)a	249.5±266.5 21.0—651.1 (10)a	1954.0±356.2 1476.0—2580.0 (10)b
30	512.4±93.2 335.0—634.9 (10)c	596.5±101.5 421.5—756.7 (10)a	584.4±147.0 191.4—741.2 (10)a	285.0±260.7 38.2—809.0 (10)a	1978.1±378.9 1474.5—2630 (10)b

从 6 龄期的测试结果来看，幼虫密度对幼虫粪便排泄量影响也很大。第一天的测试结果为：30 头/瓶的幼虫粪便排泄量比 15 头瓶和 1 头/瓶的依次增加了 48%和148%。6 龄期的粪便排泄量也随幼虫密度的升高而加大，且差异显著，尽管在第 2—4 天的结果差异不明显。但是，Iwao (1962)[1] 对不同密度间 6 龄幼虫的粪便排泄量的测定差异不明显，但他的处理仅有 2 个，且密度间隔不大(1 头/皿和 10 头/皿)。

表 3　粘虫幼虫密度对幼虫近似消化率、粗生长效率的影响

幼虫密 密　度 (头/瓶)	近似消化率(%)		粗增长率(%)	
	5 龄第一天	6 龄第一天	5 龄第一天	6 龄第一天
1	62.63±5.11 54.35—69.62 (8)a	56.87±5.36 47.92—62.78 (8)a	52.19±3.97 47.57—56.88 (8)a	49.03±4.50 43.32—53.53 (8)a
15	48.81±6.11 39.32—55.74 (8)b	43.95±8.84 35.96—58.62 (8)b	42.82±3.79 37.82—49.96 (8)b	35.39±5.75 31.44—44.84 (8)b
30	39.65±6.06 28.88—46.37 (7)c	31.89±4.68 24.34—40.06 (8)c	35.11±6.57 27.60—45.25 (7)c	26.91±4.21 21.61—34.81 (8)c

为了比较粘虫幼虫密度对幼虫食物利用和吸收的影响程度，对不同密度条件下的幼虫近似消化率进行了计算。所获结果(表 3)表明，虽然幼虫的食物取食量和粪便排泄量随幼虫密度的升高而下降，但近似消化率则随幼虫密度的升高而下降，且 5 龄和 6 龄的测

试结果相一致。当然,所有的测定值都有所偏高,因为幼虫在1天内取食的食物不会在当天内就排泄完,但是这并不会影响结果的可靠性,因为除了幼虫密度的差异外,其它条件均是一致的。

2.3 幼虫体重增长

和幼虫食物取食量和粪便排泄量相反,幼虫的体重增长则随幼虫密度的增加而下降。从5龄至预蛹体重增量来看,虽然供测试的幼虫初始重量均在52.5mg—54.0mg之间,但单头饲养的幼虫重量在1天后即超过群体饲养的,而15头/瓶的幼虫重量也比30头/瓶的要大(图3),且这种趋势一值持续到第7天。在整个测试期间,1头/瓶、15头/瓶和30头/瓶的幼虫平均依次增加了455.0mg、435.0mg和417mg,也随幼虫密度的增加而降低。

表4 粘虫幼虫密度对6龄幼虫体重增长(mg)的影响

幼虫密密度(头/瓶)	第一日(鲜重)	第二日(鲜重)	第三日(鲜重)	6龄—预蛹增重	
				鲜重	干重
1	235.2±60.8	138.8±52.8	67.3±34.0	441.4±67.5	82.8±9.7
	89.9—272.9	47.6—222.3	8.7—118.4	288.5—470.7	70.7—99.4
	(9)a	(10)a	(9)a	(9)a	(7)a
15	208.1±44.7	95.6±34.0	70.92±33.2	370.7±40.6	63.0±12.5
	127.1—279.1	36.7—172.7	25.3—116.1	316.9—434.7	48.9—78.2
	(9)a	(10)b	(9)a	(9)b	(7)b
30	201.9±33.6	71.8±40.5	83.9±35.4	353.3±44.4	59.5±5.5
	155.3—254.7	25.7—133.5	32.6—157.3	279.5—437.6	50.8—68.6
	(9)a	(10)b	(9)a	(9)b	(7)b

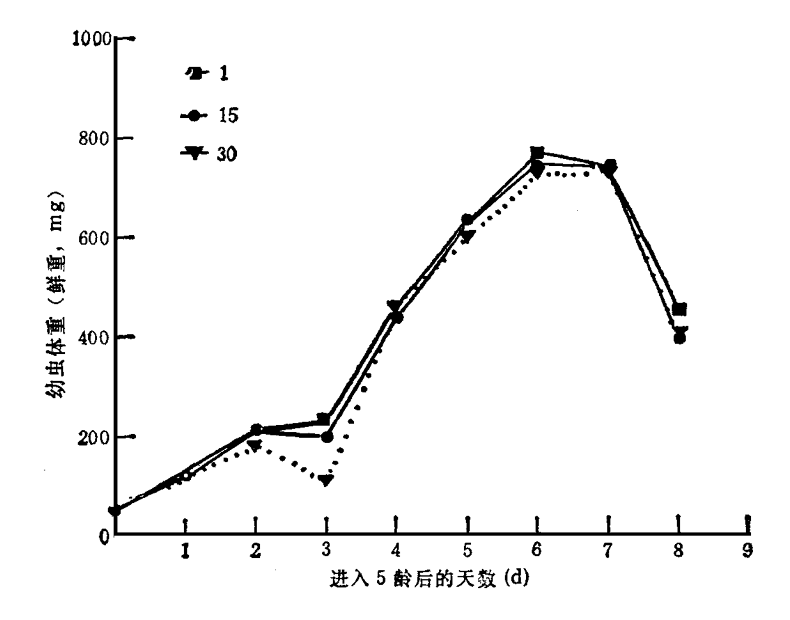


图3 粘虫幼虫密度对其5龄幼虫至预蛹日体重变化的影响

对不同幼虫密度下6龄幼虫体重增长的测定肯定了上述结果。第1、2日及整个6龄期的体重增重均表现出同一趋势,即随幼虫密度的增加而下降,不管其差异是否显著(表

4)。按干重计算，在6龄期内单头饲养的幼虫增重比30头/瓶和15头/瓶的依次增加了39%和31%。进一步对相同密度条件下饲养的蛹重测定结果也表明，幼虫密度增加，蛹重下降，且差异显著(表5)。

表5　粘虫不同幼虫密度条件下的蛹重(mg)变化

幼虫密度（头/瓶）	统计数（头）	蛹重（平均±标准误）	范围
1	11	391.39±26.38a	346.1—437.4
15	11	326.16±33.04b	281.3—378.1
30	12	277.48±33.32c	232.6—334.7

同样，为了比较幼虫密度对幼虫生长效率的影响程度，对不同幼虫密度下的幼虫粗生长效率进行了研究。结果(表3)表明，不同密度间的粗生长效率也有很大的差异，且也随幼虫密度的增加而下降。这样，粗生长效率和近似消化率在不同密度间的走向是一致的(表3)。因此，可以认为这是高密度条件下饲养的幼虫个体较小的原因之一。当然，群体饲养的幼虫比单头饲养的个体活动量大，静止时间少 (Iwao 1962)[1]也可能多消耗了一些能量，从而使用于生长的能量减少。

3　讨论

虽然夜蛾幼虫的食物取食量和食物利用率受温度、光照、湿度及寄主植物等因素的影响研究已有不少[9]，但夜蛾幼虫密度对幼虫取食量和粪便排泄量的研究仅看到二起[1,11]。而这两项研究尚未涉及到幼虫的食物利用率问题。因此，系统地研究幼虫密度对幼虫食物利用率的影响，对于了解作为环境因素之一的种群密度对昆虫影响的实质以及害虫的发生为害规律是很有意义的。

从所获得的结果来看，粘虫幼虫密度增加、幼虫的取食量增大，并与前人的研究结果[1](Iwao 1962)相一致。这对于粘虫的生存竞争是必须的。既然在幼虫密度增高时，食物相对缺乏，对食物的竞争变得激烈，而为了本身的生存，采取增大取食量的生存对策是可以接受的。在粘虫幼虫密度增高时，幼虫的取食时间变得更长[1]则是最好的证据。理解这一点，对于了解粘虫大发生时的为害本质，以及粘虫防治指标的制定是很有意义的。既然在密度增高时，幼虫的取食量不是虫口密度本身的简单叠加。

虽然 Simmonds 等(1986)[8]曾经认为群体饲养的非洲粘虫个体比单头饲养的个体小是由于食物不足所造成的，但从我们对粘虫研究的结果来看并非如此。尽管食物从始到终均是充足的，但不同密度下的虫体大小仍然差异很明显，这只能从幼虫的取食量和粪便排泄量随幼虫的密度增高而增加，而近似消化率和粗生长效率则正好相反这一点来解释。就此，作者认为虫体在不同幼虫密度下的大小差异，是由于所采取的生存对策不同或食物利用率的不同而引起的。因此这种差异是在长期的进化过程中所形成的一种适应。

幼虫密度增加，幼虫食物利用率下降的原因至今尚不清楚。对于粘虫而言，除了幼虫密度本身的作用外，还有变型的问题。即在相同的条件下，单头饲养的幼虫均为散居型，

群体饲养的个体有中间型和群居型。群居型的比例随幼虫密度的增加而加大[5]。而不同型的幼虫在内分泌调节机制、代谢强度以及消化道的功能等可能都会有一定的差异。这可从高密度条件下的粘虫幼虫(群居型)对不良食物的消化能力和忍受饥饿的能力增强[1]可以得到初步的证实。

另外,群体饲养的一些夜蛾昆虫如非洲粘虫和粘虫等,不仅虫体比单头饲养的小,而且发育历期较短,成虫的含水量[1]脂肪含量[4]均与单头饲养的不同。作者认为这与幼虫食物利用率会有一定的关系,值得进一步研究。

最后应当指出的是,种群密度也和其它的环境因子一样,其所产生的作用会因其影响的消失而消失。这在 5 龄至预蛹和 6 龄至预蛹各项测试指标的异同点得到了较好的体现。

致谢 本文承中国科学院动物研究所钦俊德教授审阅并提出宝贵意见,特此致谢。

参 考 文 献

1 Iwao S. Studies on the phase variation and related phenomena in some lepidopterous insects. Mem. Coll. Agric. Kyoto Univers. no. 1962, **84**:1—80.

2 Peters T M, Barbosa P. Influence of population density on size, fecundity and development rate of insect in culture. Ann. Rev. Entomol. 1977, **22**: 431—450.

3 Anazonwu D L, Johnson S J. Effects of host and density on larval color, size, and development of the velvetbean caterpillar, *Anticasia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). Envir. Entomol. 1986, **15**: 779—783.

4 Gunn A, Gatehouse A G. The influence of larval phase on metablic reserves, fecundity and lifespan of the African armyworm moth, *Spodoptera exempta* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). Bull. Ent. Res. 1987, **77**: 651—660.

5 罗礼智,李光博,胡毅. 粘虫幼虫密度对其生长、发育及变型的影响. 农业科学集刊, 1993, **1**: 239—244.

6 罗礼智,李光博,曹雅忠,等. 粘虫幼虫密度对成虫飞行与生殖的影响. 昆虫学报, 1995, **38**(1): 38—45.

7 He Y B, Tsubaki Y. Variation in spermatophore size in the armyworm *Psedaletia separata* (Lepidoptera: Noctuidiae). Appl. Entomol. Zool., 1992, **27**: 39—45.

8 Simmonds M S, Blaney W M. Effects of rearing density on development and feeding behavior in larvae of *Spodoptera exempta*. J. Insect Physiol. 1986, **32**: 1043—1053.

9 Slansky F, Scriber J M. Food Consumption and Utilization. In Comprehensive Insect Physiology Biochemistry and Phamacology (Eds Kerkut, G. A. And Gilbert, L. I.) Pergamon Press, Oxford. 1985, **4**: 87—163.

10 陈志辉. 昆虫营养指标的定量测量与计算. 昆虫知识, 1985, **24**(5): 299—301.

11 Hirata S. On the phase variation of the cabbage armyworm *Mamestra brassicae* (L.). VII. Effects of larval crowding on food consumption and body weight. Jpn. J. Ecol., 1963, **13**:125—127.

EFFECTS OF REARING DENSITY ON THE FOOD CONSUMPTION AND UTILIZATION OF LARVAL ORIENTAL ARMYWORM *MYTHIMNA SEPARATA* (WALKER)

Luo Lizhi Xu Haizhong Li Guangbo

(*Institute of Plant Protection Chinese Academy of Agricultural Sciences Beijing* 100094)

Abstract A laboratory evaluation of food consumption and utilization by larvae of *Mythimna separata* (Walker) under different rearing densities (1, 15, 30 larvae/jar) was made from the beginning of the fifth and sixth instar of larvae to the prepupal stage on the corn seedling. The food consumption, whether on daily or total basis increased with the larval density increased indicating that crowding may stimulate food intake of the larvae and hence enhance their damage on crops. This trend is also conspicuous in the amount of voided faeces. The growth, as measured by daily larval fresh weight was the highest at the density of 1 larva/jar, followed by 15 and 30 larvae/jar, due to the lower efficiency of approximate digestibility (AD) and lower efficiency in converting ingested food into body matter (ECI) in the higher rearing densities. Presumably, the lower AD and ECI should be the bases of the major reasons for the smaller size of *M. separata* in the crowded conditions. It should, however be noted that all these difference would become insignificant as the period of larvae separating from the given rearing density become longer.

Key words *Mythimna separata*, larval rearing density, food consumption, food utilization